

ANALISIS TINGKAT EFISIENSI PENCEMARAN PADA SETIAP TAHAPAN PROSES PERLAKUAN BIOLOGI DALAM PENANGANAN LIMBAH CAIR SECARA KONVENSIONAL

by Ketut Irianto

Submission date: 13-Nov-2017 08:50AM (UTC+0700)

Submission ID: 878643657

File name: GEMA-AGRO-JURNAL_PERTANIAN-V14-N34-SEPT-15.doc (4.16M)

Word count: 7010

Character count: 44765

ANALISIS TINGKAT EFISIENSI PENCEMARAN PADA SETIAP TAHAPAN PROSES PERLAKUAN BIOLOGI DALAM PENANGANAN LIMBAH CAIR SECARA KONVENSIONAL

Oleh

Dr. Ir. Ketut Irianto M. Si

Abstrak

Hasil analisis terhadap tahapan proses perlakuan teknologi limbah cair secara biologi menunjukkan bahwa teknologi tersebut sudah memenuhi standar operasional yaitu menekankan prinsip biologi dengan konsep pemanfaatan dan hasil kualitas limbah aman, efisien, ramah lingkungan. Hal ini terlihat dari kualitas limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar baku mutu dan aman dimanfaatkan terutama pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) melalui Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar mutu air golongan D Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988, juga karakteristik limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar bahan baku pupuk yang ditetapkan terutama pada tahap *stabilisasi*. Menurunnya nilai kekeruhan, padatan terlarut dan padatan tersuspensi (Gambar 4.2a, 4.2b) diakibatkan perlakuan tahapan proses (pretreatment, treatment dan stabilisasi) dimana terjadi penurunan kandungan zat padat dan pemisahan komponen partikel dari zat cair. Penurunan kandungan zat padat dan pemisahan akan berpengaruh terhadap tingkat sedimentasi dan bentuk komponen partikel yang lebih sederhana (Gegner, 2002). penurunan nilai parameter BOD, COD (Gambar 4.5) diikuti parameter amonia, nitrit (Gambar 4.4) disebabkan proses, perlakuan fisik dan biologi secara terpadu dan perlakuan teknis operasional teknologi.

Perlakuan teknologi yang diberikan pada tahap *treatment* dan *stabilisasi* (Tabel 4.2) bertujuan untuk mempercepat proses, dan mengatur jumlah komponen dan menjaga kondisi lingkungan. Perlakuan *aerasi* 3,3 jam akan berpengaruh terhadap bioaktivitas dan biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme terutama bakteri aerob. Perlakuan F/M 0,24-0,5 g/BOD/hari/g/MLSS akan berpengaruh terhadap keseimbangan jumlah makanan dan populasi mikroorganisme berdasarkan kebutuhan energi seperti: bakteri heterotrof dan autotrof. Perlakuan waktu tinggal limbah 2-4 hari dan aliran limbah cair sebesar 35% berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen, jumlah zat makanan (bahan organik), waktu tinggal limbah dan akhirnya berpengaruh terhadap jumlah dan komponen unsur.

Kata kunci: Pencemaran, tahapan proses, tingkat efisiensi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah cair untuk dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya harus aman dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan (Pusstan, 2001). Untuk itu diperlukan proses penanganan limbah cair melalui tahapan proses, perlakuan fisik, kimia, biologi secara terpadu dan perlakuan teknis operasional secara biologi. Tujuan dari penanganan limbah cair tersebut untuk menghilangkan bahan pencemar, menyederhanakan komponen partikel dan unsur sehingga menjadi bentuk yang tersedia untuk dimanfaatkan dan sesuai standar baku mutu yang diinginkan. Hal ini sesuai dengan standar operasional teknologi pengolahan limbah cair (SOP) dengan tujuan pemanfaatan yaitu aman, efisien dan ramah lingkungan.

Selama ini beberapa pengolahan limbah cair yang digunakan hanya menekankan pada perlakuan kimia saja yaitu menghilangkan bahan pencemar untuk memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini menyebabkan kurang efisien (biaya tinggi) dan mengakibatkan timbulnya pencemaran baru. Untuk itu perlu mencari teknologi pengolahan limbah cair yang menekankan pada perlakuan biologi dengan konsep selain menghilangkan bahan pencemar dan menyederhanakan komponen partikel juga menghasilkan kualitas limbah cair yang ramah lingkungan.

Beberapa teknologi yang menggunakan prinsip biologi (*biological system*) telah banyak diterapkan di beberapa industri, dimana hasil pengolahan limbah cair sudah dimanfaatkan sebatas untuk penyiraman tanaman. Teknologi penanganan limbah cair terdiri dari tahapan proses *pre treatment*, *treatment* dan *stabilisasi*. Setiap tahapan proses diberikan perlakuan fisik, kimia biologi secara terpadu melalui proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi. Proses tersebut melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, sehingga diperlukan perlakuan biologi supaya tetap berlangsungnya proses tersebut. Perlakuan biologi yang dimaksud adalah mengkondisikan lingkungan limbah sehingga proses biologi tetap berlangsung seperti: penambahan oksigen bertujuan akan mempercepat proses biodegradasi bahan organik, pemberian jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M rasio) akan memacu pertumbuhan dan bioaktivitas mikroorganisme, aliran limbah cair (*resirculation sludge*) akan mengoptimalkan lingkungan perairan terutama jumlah mikroorganisme, makanan, pH, suhu dan oksigen (Sugiharto, 1987).

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan maka tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi dan mengkaji pengelolaan limbah cair yang dilakukan di beberapa industr. Secara lebih spesifik penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui standar teknologi pengolahan limbah cair yang dipergunakan melalui analisis dan menguji tahapan proses perlakuan biologi.
- 2) Menganalisis variabel kualitas, karakteristik dan jumlah komponen limbah cair yang berpotensi aman dimanfaatkan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian meliputi:

- a. Pengembangan ilmu dan teknologi yang ramah lingkungan dalam menanggulangi tingkat pencemaran

- b. Menambah referensi teknologi dan peluang bagi pengelola limbah cair industri lainnya.

ILKERANGKA BERPIKIR, KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Kerangka Berpikir

Berdasarkan teori dan kajian empiris, limbah cair selain mengandung bahan pencemar (Kepmen LH No. 58 tahun 1995) juga mengandung unsur yang bermanfaat (Emanuel *et al.*, 2001; Almuneef dan Afonso, 2003; Fairchild *et al.*, 2000). Limbah cair rumah sakit mempunyai karakteristik yang bisa dimanfaatkan, karena mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein yang cukup tinggi (Mikhelsen, 2000; Martin *et al.*, 2000; Gegner, 2002; Chang, 1995 dan Chapman 1996). Proses pengolahan limbah cair secara biologi (*biological system*) adalah proses menginteraksikan bahan organik, oksigen dan air dengan melibatkan mikroorganisme berdasarkan kebutuhan oksigen (aerob dan anaerob) dan energi (heterotrof dan autotrof) berupa senyawa organik, senyawa anorganik dan CO₂ (Bareck *et al.*, 1998; Chitnis *et al.*, 2003; Pauwels dan Vertraete, 2006).

Penggunaan teknologi yang menekankan perlakuan biologi seperti: biofilter, biosave, lagoon, lumpur aktif mampu menurunkan bahan pencemar 60%- 80% dan memenuhi standar bahan baku yang diinginkan (Hammer 2001; Nugroho, 1996; Pusstan, 2003). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan baku limbah cair bisa dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan meningkatkan hasil 30%-45% dibandingkan pupuk yang berstandar (Caldwell, 2001; Ayub, 2010, Budi-Prasetya dkk., 2009).

Limbah cair pada level tertentu juga dapat menyebabkan peningkatan suhu, pH dan salinitas yang akan menyebabkan kenaikan kadar garam terlarut dan terhambatnya reaksi enzimatik, substrat, respirasi dan terhentinya inti sel (Simmon *et al.*, 2009; Qodir *et al.*, 2010). Untuk aman dimanfaatkan dan memenuhi standar baku mutu harus melalui rangkaian tahapan proses pengolahan limbah cair yang menggunakan teknologi biodetox. Kelayakan bahan baku pupuk hasil teknologi biodetox dilakukan pengujian kualitas air limbah pada setiap tahapan proses.

2.2 Konsep Penelitian

Hasil observasi beberapa industri di Denpasar Bali, khususnya wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL) menunjukkan bahwa limbah cair industri sebagian besar sudah dikelola dengan menggunakan teknologi dan hasilnya sudah dimanfaatkan sebatas untuk penyiraman tanaman. Dari hasil observasi tersebut kemudian dilakukan pengujian dengan konsep penelitian yang meliputi: penelitian tahap pertama proses teknologi yaitu mengidentifikasi tahapan proses (*pretreatment*, *treatment* dan *stabilisasi*) dan mengukur perlakuan teknis operasional teknologi seperti: pemberian oksigen, F/M, tekanan air kemudian dibandingkan dengan standar operasional teknologi tujuan untuk mencari konsep teknologi yang ramah lingkungan. Penelitian tahap kedua potensi limbah cair yaitu mengukur variabel kualitas, karakteristik kualitas air limbah pada setiap tahapan proses perlakuan

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kajian teoritis, deskripsi dan analisis variabel hasil penelitian yang mempunyai relevansi terhadap permasalahan yang akan diteliti, peneliti membuat suatu hipotesis antara lain :

1. Proses teknologi pengolahan limbah cair sebagian besar sudah memenuhi standar operasional teknologi.
2. Potensi limbah cair ditinjau dari kualitas dan karakteristik sudah memenuhi standar baku mutu.

III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan untuk menguji karakteristik limbah cair pada setiap tahapan proses teknologi dan konsep teknologi pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan. Proses teknologi diuji dengan menggunakan metode *diskriptif comparative* (analisis dan perbandingan) yaitu menganalisis variabel proses perlakuan teknologi secara biologi. Hasil uji laboratorium limbah cair pada setiap tahapan proses perlakuan (*pre treatment*, *treatment* dan *stabilisasi*), selanjutnya dilakukan perbandingan dengan standar baku mutu yang aman dimanfaatkan Permenkes RI Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar mutu air golongan D Kepmen. KLH No - 02/MENKLH/1/ 1988.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL) di Denpasar Bali. Pengujian sampel limbah cair dilakukan di beberapa laboratorium yang telah bersertifikasi seperti: laboratorium RSUP Sanglah, laboratorium Forensik Polda Bali, Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada.

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu : penelitian lapangan (pengambilan sampel), penelitian laboratorium (pengujian sampel), Penelitian lapangan dilakukan mulai tanggal 15 Mei 2014 dilanjutkan tanggal 28 agustus 2014, uji laboratorium mulai tanggal 20 Mei 2015 dilanjutkan 20 April 2015

3.3 Ruang Lingkup Penelitian

3.3.1 Proses teknologi biologi

1. Tahapan proses perlakuan (*pre treatment* , *treatment* , *stabilisasi*)
2. Perlakuan biologi (pH, suhu, oksigen, F/M, *Resirculation shudge*)

3.3.2 Potensi limbah cair

1. Kualitas limbah cair pada masing-masing tahapan proses perlakuan.
2. Karakteristik limbah cair pada tahap *stabilisasi*.

3.4 Penentuan Sumber Data

Penentuan sumber data dilakukan berdasarkan tujuan penelitian yang meliputi :

- 3.4.1 Di Wilayah instalasi pengolahan limbah cair (IPAL).
- 3.4.3 Pada tahapan proses perlakuan teknologi (*Pretreatment*, *treatment*, *stabilisi*).

3.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini meliputi tiga aspek yaitu : proses teknologi, potensi limbah cair dan respon tanaman. Variabel penelitian seperti dibawah ini.

3.5.1 Variabel proses teknologi

1. *Pre treatment*, *treatment*, *stabilisasi* (tahapan proses).
2. Oksigen, F/M, tekanan air (perlakuan biologi).

3.5.2 Variabel potensi limbah cair

1. Sifat fisik, kimia, biologi (kualitas limbah cair).
2. BOD, COD, TSS, amonium, nitrat, nitrat (karakteristik limbah cair).

3.6 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian limbah cair adalah bahan kimia larutan buffer, KMnO_4 , aquades, styrofoam box, dan es balok, sampel tanah pada jarak 0,5 dan 1 meter dari rumah sakit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil observasi menunjukkan limbah cair di beberapa industri dan hasil olahannya dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman. Jumlah limbah cair yang dikelola sebanyak 430 m^3 /hari. Diperkirakan 4.500 orang memanfaatkan 500.000 liter/hari air bersih, 86% kemudian menjadi limbah. Gambaran umum RSUP Sanglah pada Tabel 4.1

Tabel 4.1
Gambaran umum IPAL

No	Deskripsi	Besaran	Satuan	Keterangan
1	Luas Lahan	3	Ha	
2	Luas Bangunan	7632	m^2	
3	Jumlah Tempat Tidur	696	TT	Tempat Tidur
4	BOR (Bed Occupancy Rate)	52.93	%	Desember 2013
5	Jumlah kunjungan Jalan/Hari	1.342	Orang	Desember 2013
6	Jumlah Karyawan	2.530	Orang	Desember 2013
7	Konsumsi Air Per Hari	5.000	m^3 /hari	Desember 2013
8	Penggunaan Daya Listrik	3.521	KWH	Rata-rata/hari
9	Kapasitas IPAL/Jam	129	m^3 /jam	
10	Kapasitas Incinerator	1	m^3 /jam	

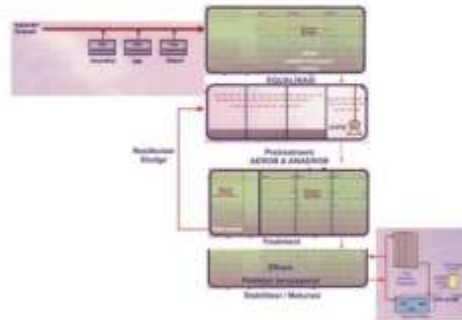
Sumber: perusahaan, Desember 2009

Produksi 30 m^3 /hari Limbah cair per hari, sedangkan kapasitas terpasang IPAL sebesar 100 m^3 /jam. Limbah cair bersumber dari kegiatan seperti: kamar mandi laundry, dapur, tempat cuci.

4.2 Proses Teknologi

Standar operasional teknologi (SOP) yang dimaksud adalah proses perlakuan menekankan pada prinsip biologi dan bertujuan untuk pemanfaatan serta hasil kualitas limbah cair harus memenuhi kriteria seperti: aman, efisien dan ramah lingkungan. Melalui tahapan proses, perlakuan fisik, kimia, biologi terpadu dan perlakuan teknis operasional teknologi secara biologi akan mampu menghasilkan bahan baku pupuk yang

aman, efisien dan ramah lingkungan. Tahapan proses yaitu *pre treatment*, *treatment* dan *stabilisasi* seperti Gambar 4.1



Gambar 4.1 *Pre treatment, treatment dan stabilisasi*

4.2.1 Tahapan proses

Berdasarkan rangkaian proses teknologi biodetox terdapat tahapan proses *pre treatment*, dimana limbah cair yang berasal dari kegiatan *laundry*, dapur, kantin, laboratorium, ditampung dalam kolam *equalizer anaerob* disini terjadi homogenitas komponen limbah cair. Kemudian limbah cair diteruskan ke kolam konvensional disini terjadi proses pemisahan komponen partikel yaitu penyederhanaan dan penguraian komponen partikel limbah cair oleh mikroorganisme menjadi bentuk yang lebih sederhana.

Pada tahap proses *treatment*, limbah cair yang berasal dari kolam konvensional dimasukkan kedalam kolam *aerasi* disini limbah cair kontak dengan udara, dimana mikroorganisme akan mengubah kandungan organik menjadi anorganik melalui proses fermentasi sekaligus menghilangkan bahan pencemar seperti hidrogen sulfat (H_2S), metana (CH_4), amonia (NH_3) penurunan jumlah karbon dioksida dan berbagai senyawa organik yang bersifat *volatil* (menguap) yang berkaitan dengan rasa dan bau.

Pada tahap *stabilisasi*, limbah cair yang telah mengalami proses penghilangan bahan pencemar dan dalam bentuk senyawa yang lebih sederhana dimasukkan kedalam kolam stagnasi bertujuan untuk menstabilkan komponen unsur limbah cair dan memberikan kesempatan mikroorganisme makroflora dan makrofauna seperti Alga, jamur, fungi protozoa, dan bakteri mendegradasi masa yang kecil menjadi bentuk yang tersedia untuk tanaman.

4.2.2 Perlakuan fisik, kimia, biologi

Hasil analisis terhadap setiap tahapan proses menunjukkan terjadi perlakuan fisik, kimia dan biologi secara terpadu. Perlakuan fisik, seperti: penyaringan (*filtrasi*), pengendapan (*sidementasi*) bertujuan untuk memperoleh ukuran partikel limbah cair yang lebih sederhana. Perlakuan kimia seperti: pemberian *desinfektan* diberikan diluar tahapan proses bertujuan menghilangkan bahan pencemar. Perlakuan biologi seperti: mengatur sejumlah makanan dan mikroorganisme (F/M rasio) yang terdapat pada komposisi limbah cair ke masing-masing tahapan proses yang bertujuan untuk mengkondisikan lingkungan supaya proses biodegradasi yang melibatkan mikroorganisme tetap berlangsung.

4.2.3 Perlakuan biologi

Menurut Pauwel (2006) yang dimaksud perlakuan biologi adalah mengkondisikan lingkungan limbah sehingga proses biologi tetap berlangsung. Kondisi lingkungan limbah menyangkut keseimbangan antara jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M rasio), ketersediaan oksigen, pH, suhu. Standar teknis operasional yang menekankan prinsip biologi adalah pemberian oksigen (periode *aerasi*) melalui aerator, pemberian jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M), mengatur kecepatan aliran limbah cair (*resirculation sludge*) dan mengatur waktu tinggal limbah cair pada setiap tahapan proses. Teknis operasional biodetox dan standar teknis operasional prinsip biologi seperti Tabel 4.2

Tabel 4.2
Perlakuan teknologi biodetox dan standar operasional
teknologi pengolahan secara biologi

Parameter	Perlakuan teknologi biodetox	Standar operasional teknologi pengolahan limbah cair (Nugroho, 1996).
1.Periode <i>aerasi</i>	6 jam/hari	6-9 jam
2.Beban BOD	677 g/m ³ /hari	500 – 800 g/m ³ /hari.
3.Rasio F/M	0,2–0,5 g/BOD/hari/g MLSS	0,2-0,5g/BOD/hari/g/ MLSS
4.Aliran limbah cair	38 %	95 %
5.Total padatan	17%	25%
6.Padatan tersuspensi	70%	82%
7.Effisiensi BOD	88%	85%-95%
8.Umur <i>sludge</i>	2-4 hari	5-10 hari

1. Periode pemberian oksigen (*aerasi*)

Pemberian oksigen yang diberikan selama 3 jam/hari mampu menurunkan tingkat BOD sebesar 88% dari beban BOD 577 g/m³/hari pada proses operasional teknologi limbah cair RSUP Sanglah (Tabel 4.2). Standar operasional teknologi pengolahan limbah cair dengan beban BOD sebesar 500-800 g/m³/hari diberikan perlakuan oksigen (*aerasi*) selama 6-9 jam/hari.

2. Makanan dan populasi mikroorganisme (F/M rasio).

Perbandingan jumlah makanan dan populasi mikroorganisme sebesar 0,2-0,5 g/BOD/hari/g/MLSS yang diberikan berupa lumpur sudah mampu menjaga tetap berlangsungnya proses biologi (dekomposisi, fermentasi, mineralisasi) dan sesuai standar operasional yang ditetapkan (Tabel 4.2), hal ini akan berpengaruh terhadap keseimbangan lingkungan dimana limbah cair berinteraksi dengan mikroorganisme dalam menguraikan bahan pencemar. Menurut BPPT (1996) rasio ini berkisar antara 0,05-1,00g/BOD/hari/g/MLSS dengan rasio umum antara 0,3-0,5 g/ BOD/ hari/ g/ MLSS.

3. Waktu tinggal limbah cair (*umur sludge*)

Lamanya waktu tinggal limbah cair sekitar 2-4 hari pada tahapan proses akan berpengaruh terhadap kualitas padatan terlarut, padatan tersuspensi dan koloidal yang masih berada pada tahapan proses dan akhirnya berpengaruh terhadap kualitas total padatan. Tingkat ketersediaan unsur dalam limbah cair tergantung dari padatan tersuspensi dalam efluen dan karakteristik limbah cair. Sedangkan waktu tinggal limbah cair (*sludge*) diharapkan 5-10 hari.

4. Kecepatan aliran limbah cair (*resirculation sludge*)

Kecepatan aliran limbah cair yang diberikan pada teknologi biodetox akan berpengaruh terhadap nilai total padatan, tingkat penurunan bahan pencemar dan tingkat penurunan BOD (Tabel 4.2), ini juga akan berpengaruh terhadap kondisi lingkungan terutama ketersediaan oksigen, suhu dan pH yang terdapat pada tahapan proses. Kecepatan aliran limbah cair juga berpengaruh terhadap keseimbangan jumlah makanan dan mikroorganisme (rasio F/M). Standar kecepatan aliran limbah cair untuk menghilangkan bahan pencemar sebesar 95% (Tabel 4.2).

5. Efisiensi bahan organik (BOD).

Penurunan jumlah bahan pencemar organik diperoleh sebesar 78%, ini menunjukkan penurunan jumlah bahan organik yang terikat padatan. Bahan organik yang diharapkan untuk bahan baku pupuk kurang dari 82%. Bahan organik akan berpengaruh terhadap F/M rasio, kualitas dan karakteristik limbah cair. Dari tahapan proses dan perlakuan fisik, kimia dan biologi akan menghasilkan kualitas dan karakteristik lumpur (*sludge*) yang berpotensi bisa dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.

4.3 Potensi Limbah Cair

Berdasarkan analisis zat padat limbah cair diperoleh komponen limbah cair yang terdiri dari: zat padat 599 mg/l, padatan tersuspensi *Influen* 100 mg/l, BOD *Influen* 173 mg/l yang diperoleh pada kolam aerasi, kolam sidementasi dan kolam akhir pembuangan. Melalui rangkaian proses teknologi biodetox mampu menghasilkan bahan baku pupuk sebesar 8,6 kg/hari dengan kandungan unsur nitrogen 5,250 kg/hari dan unsur fosfor 1,05 kg/hari yang diperoleh dari perbandingan kebutuhan makanan mikroorganisme dengan perbandingan BOD: N: P = 100: 5:1.

4.3.1 Kualitas limbah cair

1. Hasil analisis variabel sifat fisik

a. Suhu

Dari hasil pengukuran pada masing-masing tahapan proses didapatkan suhu berkisar antara 28,17 °C – 29,90 °C. Variasi suhu ini masih berada pada kisaran suhu maksimum yang diperbolehkan 26°C – 29°C berdasarkan D (Kepmen. KLH No -02/MENKLH/1/1988). Hasil tertinggi diperoleh pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 28,90 °C, nilai terendah diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 27,17 °C (Lampiran 8). Peningkatan suhu dari tahap *pre treatment* ke *stabilisasi* menunjukkan sudah terjadi proses biologi dan perubahan kondisi lingkungan limbah. Suhu yang masih bisa ditoleransi oleh ikan dan mikroorganisme tidak melebihi 28 °C dan 30 °C.

b. Kekeruhan

Pengukuran nilai kekeruhan pada masing-masing tahapan proses berkisar antara 818,30 NTU-185,68 NTU. Kekeruhan terjadi akibat adanya partikel koloidal

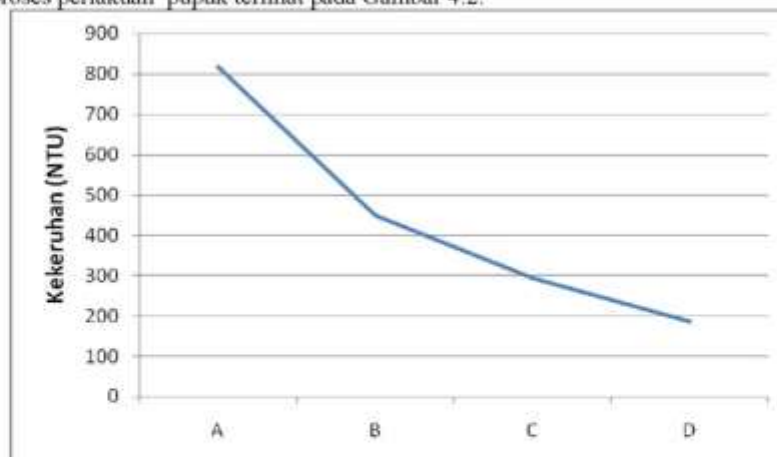
dan partikel tersuspensi dari bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair. Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 818,30 NTU, nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 185,68 NTU (Lampiran 8). Nilai tersebut sudah melampaui ambang baku mutu untuk kehidupan biota perairan, nilai maksimum yang diperbolehkan 100 NTU (Permenkes RI Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1999).

c. Padatan tersuspensi

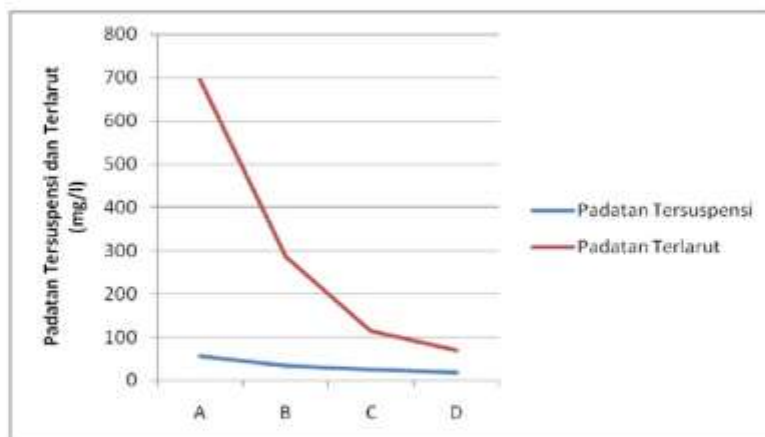
Hasil pengukuran padatan tersuspensi pada masing-masing tahapan proses menunjukkan nilai berkisar antara 57,43 mg/l- 17,85 mg/l. Padatan tersuspensi merupakan jumlah bahan organik yang terikat pada bahan padat limbah cair (Rao dan Mamata, 2004). Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *treatment* (stasiun A) yaitu 57,43 mg/l, nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D), yaitu 17,85 mg/l (Lampiran 8). Nilai tersebut belum melampaui ambang batas untuk kehidupan mikroorganisme limbah cair terutama pada tahap proses *treatment* (stasiun B) yaitu 34,05 mg/l, tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 25,83 mg/l dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,85 mg/l, dianjurkan lebih kecil dari 200 mg/l (Keputusan No. 02/MENKLH/1/tahun 1988).

d. Padatan terlarut

Padatan terlarut pada masing-masing tahapan proses berkisar antara 695,97 mg/l- 70,58 mg/l. Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 695,67 mg/l, nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 70,58 mg/l (Lampiran 8). Kadar maksimum yang aman dimanfaatkan 1000 mg/l, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk pertanian (Golongan D) yaitu 1500 mg/l (Lampiran 8). Padatan terlarut merupakan bahan organik yang terikat pada larutan terdiri dari senyawa organik dan anorganik (Fardiaz, 1993). Untuk menggambarkan penurunan tingkat pencemaran bahan organik akibat perlakuan yang diberikan pada parameter kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut pada masing-masing tahapan proses perlakuan pupuk terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2a Perubahan nilai kekeruhan pada masing-masing tahapan proses



Gambar 4.2b Perubahan nilai padatan tersuspensi, terlarut pada masing-masing tahapan proses

Gambar 4.2a menunjukkan bahwa nilai kekeruhan mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 818,3 mg/l menjadi 294,77 mg/l pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan 185,68 mg/l pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) (Lampiran 8). Penurunan nilai kekeruhan diakibatkan oleh sudah terjadi pemisahan antara padatan tersuspensi, koloidal, padatan terlarut dan cairan (*efluen*).

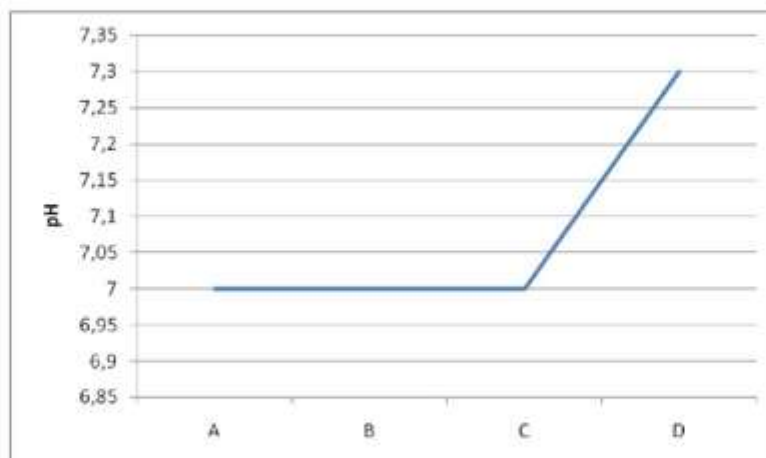
Gambar 4.2b menunjukkan nilai padatan tersuspensi mengalami penurunan ke arah tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 57,43 mg/l dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,85 mg/l. Penurunan nilai padatan tersuspensi diakibatkan penguraian padatan oleh mikroorganisme menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana.

Gambar 4.2b menunjukkan nilai padatan terlarut cenderung mengikuti pola penurunan kekeruhan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu sebesar 695,97 mg/l pada tahap *treatment* (stasiun B) yaitu sebesar 114 mg/l pada tahap *stabilisasi* (stasiun C) sebesar 70,58 mg/l dan pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) menjadi 92,0 mg/l. Penurunan nilai kekeruhan, padatan tersuspensi, padatan terlarut dan warna menunjukkan gambaran perubahan sifat fisik limbah cair akibat proses penguraian komponen partikel oleh mikroorganisme pada kondisi tertentu.

2. Hasil analisis variabel sifat kimia.

a. Derajat kemasaman (pH)

Derajat kemasaman (pH) menunjukkan perubahan reaksi kimia dan biologi akibat proses oksidasi dan reduksi yang terjadi pada limbah cair (Saeni, 1989). Nilai tertinggi diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 7,3, nilai terendah diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) dan tahap *treatment* (stasiun B) yakni masing-masing 7,0. Standar baku mutu untuk aman dimanfaatkan pH 6-8,5. Kisaran pH 5-9 untuk kriteria kualitas Air Golongan D (Kepmen KLH No -02/MENKLH/1/ 1988).

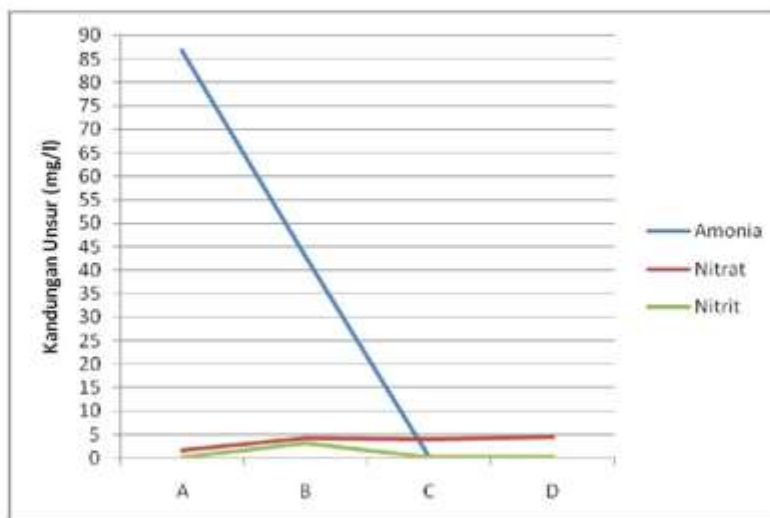


Gambar 4.3 Perubahan nilai pH pada masing-masing tahapan proses

Pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai pH mengalami kenaikan mulai dari tahap stabilisasi (stasiun C), diduga disebabkan terjadinya proses dekomposisi (penguraian), fermentasi (konversi senyawa organik menjadi anorganik) dan mineralisasi (perubahan senyawa menjadi ion) yang dilakukan oleh mikroorganisme.

b. Amonia (NH_3), nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3)

Amonia (NH_3), nitrit (NO_2) dan nitrat (NO_3) merupakan senyawa yang menunjukkan adanya kandungan protein pada limbah cair RSUP Sanglah. Nilai amonia tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 86,81 mg/l nilai terendah tercatat pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,06 mg/l. Nilai nitrat (NO_3) tertinggi diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) 4,42 mg/l. Nilai nitrit (NO_2) tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 0,19 mg/l dan nilai nitrit terendah pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,20 mg/l. Standar ammonia 0 mg/l, untuk nitrat 10 mg/l, untuk nitrit adalah 1,0 mg/l. Tingkat pencemaran amonia, nitrit, nitrat pada tahapan proses akibat perlakuan yang diberikan seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Perubahan nilai amonia, nitrat, nitrit pada masing-masing tahapan proses

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa nilai amonia mengalami penurunan yang sangat tajam dari tahap *pre treatment* (stasiun A) sebesar 86,81 mg/l sampai tahap akhir pembuangan (stasiun D) sebesar 0,06 mg/l. Penurunan nilai amonia diduga diakibatkan penguapan bahan pencemar yang bersifat *volatile* (mudah menguap) dan proses fermentasi sudah mulai berlangsung.

Nilai nitrat cenderung mengalami kenaikan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 1,62 mg/l menjadi 4,29 mg/l pada tahap *treatment* (stasiun B) secara perlahan turun ke arah tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 4,00 mg/l dan kemudian naik pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 4,42 mg/l. Peningkatan nilai nitrat diduga diakibatkan proses oksidasi biologis yang dilakukan bakteri autotrof yang akan mengkonversi unsur organik ke anorganik melalui bakteri *nitrobacter sp.*

Nilai nitrit mengalami peningkatan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 0,19 mg/l sampai pada tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 3,22 mg/l, kemudian mengalami penurunan ke arah tahap *stabilisasi* (stasiun C) dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 0,20 mg/l. Peningkatan nilai nitrit diakibatkan akumulasi bahan organik berupa protein pada tahap pretreatment. Penurunan nilai nitrit ke arah tahap stabilisasi akibat dari perlakuan pemberian oksigen (*aerasi*).

c. *Dissolved oxygen demand* (DO)

Hasil pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) untuk masing-masing tahapan proses berkisar antara 3,8 mg/l– 7,0 mg/l. Nilai DO terendah terdapat pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 3,8 mg/l dan tertinggi pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 7,0 mg/l (Lampiran 8). Nilai standar DO > 4 mg/l untuk aman dimanfaatkan.

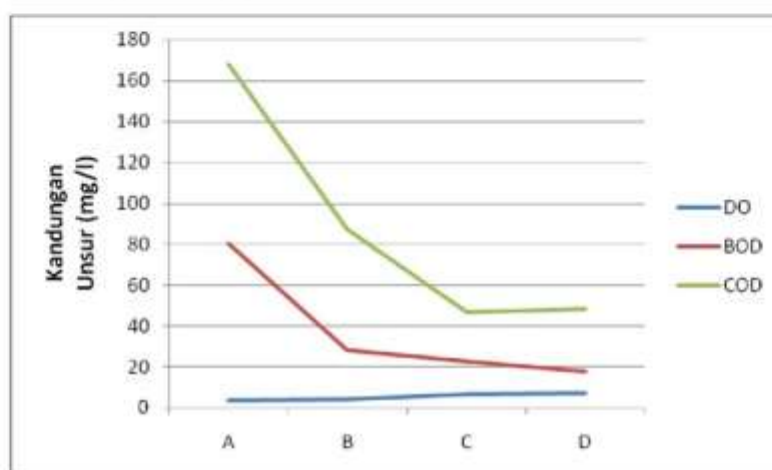
d. *Biologi oxygen demand* (BOD)

Dari hasil pengukuran nilai BOD, untuk masing-masing tahapan proses diperoleh kisaran 80,43 mg/l– 17,50 mg/l. Nilai tertinggi BOD terletak pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 80,43 mg/l nilai terendah diperoleh pada

tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,50 mg/l (Lampiran 8). Nilai BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan seluruh bahan-bahan organik didalam air dalam waktu 5 hari dan dalam suhu 20 °C (Alaerts dan Santika, 1987).

e. *Chemical oxygen demand* (COD)

Banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Dalam suatu limbah cair akan menghasilkan nilai COD untuk masing-masing tahapan proses berkisar antara 168,0 mg/l – 48,6 mg/l. Nilai tertinggi di peroleh pada *tahap pre treatment* (stasiun A) yaitu 168,0 mg/l nilai terendah terdapat pada tahap *stabilisasi* (stasiun D) yaitu 47 mg/l.



Gambar 4.5 Perubahan nilai DO, BOD, COD pada masing-masing tahapan proses

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai DO mengalami peningkatan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 3,8 mg/l sampai ke arah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 7,0 mg/l. Rendahnya nilai oksigen terlarut pada tahap *treatment* diakibatkan penumpukan bahan organik berupa padatan tersuspensi, koloidal dan padatan terlarut. Tingginya nilai oksigen terlarut (DO) pada tahap akhir pembuangan diakibatkan terjadinya peningkatan suhu dan kolam sudah terbuka.

Sebaliknya nilai BOD mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 80,43 mg/l kearah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 17,50 mg/l diduga diakibatkan penurunan kandungan bahan organik limbah cair.

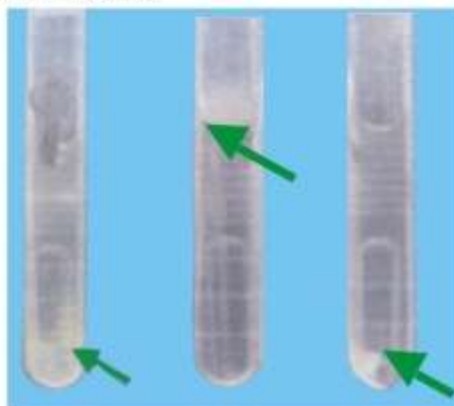
Nilai COD mengalami penurunan dari tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 168,0 mg/l kearah tahap *treatment* (stasiun B) yaitu 87,67 mg/l dan sampai tahap *stabilisasi* (stasiun C) yaitu 47 mg/l diduga diakibatkan menurunnya tingkat bioaktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik, kemudian perlahan mengalami kenaikan kearah tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu 48,6 mg/l diakibatkan peningkatan jumlah unsur dan jenis mikroorganisme.

f. Minyak dan detergen

Hasil pengukuran minyak (lemak) dan deterjen pada masing-masing tahapan proses dengan nilai berkisar antara 130,0 mg/l - 32,10 mg/l. Nilai tertinggi terletak pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 130,0 mg/l untuk minyak dan deterjen 0,65 mg/l. Nilai terendah diperoleh pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu sebesar 32,10 mg/l untuk minyak dan 0 mg/l untuk deterjen (Lampiran 8).

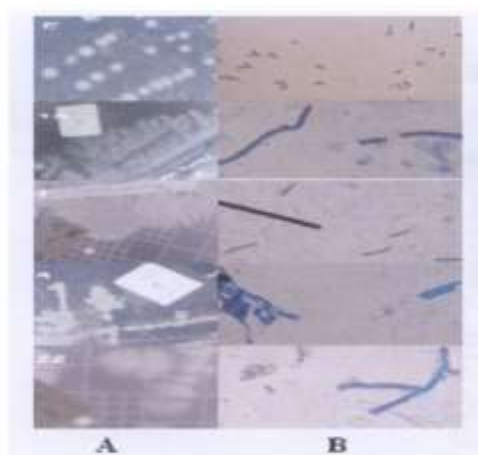
3. Hasil analisis sifat biologi

Nilai tertinggi diperoleh pada tahap *pre treatment* (stasiun A) yaitu 24,00 MPN/100 ml nilai terendah terdapat pada tahap akhir pembuangan (stasiun D) yaitu sebesar 7 MPN/100 ml (Tabel 5.3). Dalam penelitian ini ditemukan bakteri coliform yang ditunjukkan oleh adanya lendir biofilm *non coliform*. penggumpalan lendir terjadi akibat proses klorinasi (Gambar 4.6).



4 Gambar 4.6

Adanya lendir biofilm *non coliform*
yang ditunjukkan tanda panah



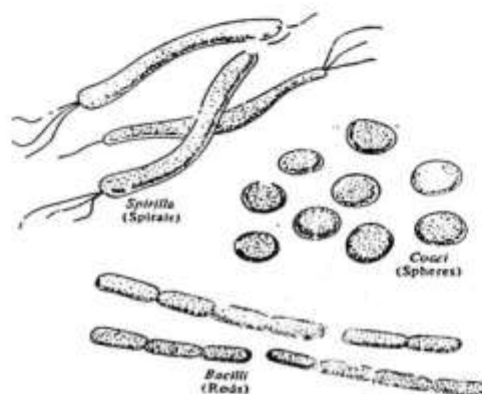
Gambar 4.7

Bentuk sel bakteri pembentuk lendir biofilm
yang terdapat pada biofilter secara makroskopis (A) dan mikroskopis (B)

5

Bakteri *coliform* adalah jenis bakteri *coli* yang di bedakan menjadi dua kelompok yaitu *coliform fecal* yaitu bakteri yang hidup secara normal pada usus manusia dan hewan, contohnya *Escherichia coli*, dan *Coliform non fecal* merupakan bakteri yang

(Fardiaz, 1992). Menurut Steel dan McGhee (1999), air minum yang mengandung 0,7-2 MPN/100 ml, dipastikan berasal dari pencemaran tinja manusia, kalau angka ini berkisar *E. Coli* > 4 MPN/100 ml sumber pencemarannya berasal sisa tanaman dan kotoran hewan. Bentuk bakteri limbah cair dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8

Bentuk bakteri limbah cair (Murachman, 2005)

4.3.2 Karakteristik limbah cair

Karakteristik limbah cair RSUP sanglah adalah nilai kandungan bahan organik berupa karbohidrat dan protein (Pauwels dan Verstraete, 2006). Mesdaghinia (2009) menyatakan bahwa karakteristik merupakan nilai kandungan unsur yang mendominasi kualitas limbah cair. Parameter limbah cair yang diambil pada kolam stabilisasi (stasiun C) dan standar bahan baku pupuk.

1. Suhu

Hasil pengukuran suhu diperoleh sebesar 28,90°C pada tahap *stabilisasi* (stasiun C). Suhu akan berpengaruh terhadap kecepatan proses oksidasi dan reduksi bahan organik oleh mikroorganisme dan menunjukkan adanya proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi (Gegner 2002). Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk parameter suhu adalah maksimum 30° C (Tabel 4.3).

2

2. Derajat kemasaman (pH)

Derajat kemasaman merupakan suatu ukuran konsentrasi ion hidrogen air yang bereaksi asam atau basa. pH akan menunjukkan kualitas dan karakteristik limbah cair pada kondisi lingkungan tertentu (Harker *et al.*, 2000). Hasil pengukuran diperoleh pH sebesar 7,0 pada kolam *stabilisasi*. Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk parameter pH adalah 6,0- 9,0 (Tabel 4.3).

3. Total suspended solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) menunjukkan adanya kandungan partikel yang berbentuk kasar maupun halus. Menurut Efendi (2003) TSS adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter > 1 μ m yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 μ m. Hasil pengukuran parameter TSS diperoleh sebesar 25,83 mg/l pada tahap kolam *stabilisasi*. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 5-50 mg/l (Tabel 4.3)

4. Biological oxygen demand (BOD)

BOD menunjukkan adanya kandungan bahan organik limbah cair (Mikhelsen, 2000). Parameter BOD juga menunjukkan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan pencemar. Hasil pengukuran parameter BOD diperoleh sebesar 22,63 mg/l. Standar baku mutu limbah cair untuk bahan baku pupuk 10-20 mg/l (Tabel 4.3).

5. Chemical oxygen demand (COD)

COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti Kalium bikromat untuk menguraikan bahan organik menjadi gas CO₂ dan H₂O (Fardiaz, 1992). Hasil pengukuran nilai COD diperoleh sebesar 47 mg/l pada tahap *stabilisasi* (Stasiun C). Standar baku mutu limbah cair hasil olahan teknologi untuk bahan baku pupuk 50-100 mg/l (Tabel 4.3).

6. NH₃N (amonia)

Amonia menunjukkan adanya kandungan protein dalam limbah cair diperoleh sekitar 1,17 mg/l. Amonia pada limbah cair berasal dari dekomposisi nitrogen organik seperti protein (Gegner, 2001). Nitrogen yang terdapat didalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik seperti tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati. Amonia bebas dan klorin bebas akan saling bereaksi dan membentuk hubungan yang antagonis (Mulvaney *et al.*, 2001). Standar baku mutu limbah untuk bahan baku pupuk 42,11 mg/l (Tabel 4.3).

7. Fosfat

Hasil pengukuran fosfat diperoleh sebesar 74,82 mg/l pada tahap *stabilisasi*. Fosfat banyak dibutuhkan oleh tumbuhan, hewan dan manusia yang mempunyai manfaat untuk mengaktifkan bekerjanya enzim ATP (*Adenosin Triphosphate*) dan ADP (*Adenosin diphosphat*). Secara alami fosfat dikeluarkan oleh manusia dan hewan dalam bentuk tinja dan air seni (Mesdaghina *et al.*, 2009). Fosfat banyak digunakan untuk pupuk, sabun atau detergen dan bahan industri keramik, minyak pelumas, produk minuman dan makanan, katalis. Fosfat tidak toksik terhadap hewan dan manusia. Standar baku mutu untuk bahan baku pupuk 0,1-30 mg/l (Tabel 4.3).

8. Total bakteri

Bakteri coliform total adalah nilai perhitungan dari banyaknya koloni bakteri *Escherichia*, *Citobacter*, dan *enterobakter* yang terdapat pada membran filter setelah

dibiakkan selama 18-24 jam. Hasil pengukuran diperoleh 24 MPN/100 ml, baku mutu untuk limbah cair rumah sakit untuk parameter total bakteri adalah maksimum 10 MPN/100 ml limbah cair (Tabel 4.3).

9. Logam berat

Unsur logam berat tidak ditemukan dalam limbah cair RSUP Sanglah. Logam berat dari hasil kegiatan RSUP Sanglah sudah mendapatkan perlakuan khusus sehingga tidak dimasukkan dalam baku mutu limbah cair rumah sakit akan tetapi perlu diwaspadai apabila terdapat logam berat dalam tingkat kadar yang lebih tinggi. Standar unsur logam berat limbah cair hasil proses teknologi untuk pertanian $Hg < 0,001$ mg/l, $Cd < 0,01$ mg/l, $Ni < 0,02-0,1$ mg/l (Hammer, 2001).

4.7 Pembahasan.

Berdasarkan uji laboratorium menunjukkan bahwa limbah cair yang berasal dari kegiatan RSUP Sanglah di Denpasar Bali, termasuk jenis limbah cair domestik. Limbah cair domestik didominasi kandungan bahan organik berupa protein dan karbohidrat yang ditunjukkan oleh parameter BOD (22,63 mg/l), COD (47 mg/l), TSS (25,83 mg/l), amonia (0,17 mg/l), nitrat (4 mg/l) dan nitrit (0,20 mg/l). Bahan-bahan ini bersumber dari kegiatan medis dan non medis RSUP Sanglah. Bahan baku pupuk harus mengandung bahan organik berupa karbohidrat dan protein (Caldwel, 2001).

Hasil analisis terhadap tahapan proses perlakuan teknologi bioteknologi menunjukkan bahwa teknologi tersebut sudah memenuhi standar operasional yaitu menekankan prinsip biologi dengan konsep pemanfaatan dan hasil kualitas limbah aman, efisien, ramah lingkungan. Hal ini terlihat dari kualitas limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar baku mutu dan aman dimanfaatkan terutama pada tahap stabilisasi (stasiun C) dan tahap akhir pembuangan (stasiun D) melalui Permenkes RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 dan standar mutu air golongan D Kepmen KLH No - 02/MENKLH/1/ 1988, juga karakteristik limbah cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar bahan baku pupuk yang ditetapkan terutama pada tahap stabilisasi.

Menurunnya nilai kekeruhan, padatan terlarut dan padatan tersuspensi (Gambar 4.2a, 4.2b) diakibatkan perlakuan tahapan proses (pretreatment, treatment dan stabilisasi) dimana terjadi penurunan kandungan zat padat dan pemisahan komponen partikel dari zat cair. Penurunan kandungan zat padat dan pemisahan akan berpengaruh terhadap tingkat sedimentasi dan bentuk komponen partikel yang lebih sederhana (Gegner, 2002). Penurunan nilai parameter BOD, COD (Gambar 4.5) diikuti parameter amonia, nitrit (Gambar 4.4) disebabkan proses, perlakuan fisik dan biologi secara terpadu dan perlakuan teknis operasional teknologi. Perlakuan teknologi yang diberikan pada tahap treatment dan stabilisasi (Tabel 4.2) bertujuan untuk mempercepat proses, dan mengatur jumlah komponen dan menjaga kondisi lingkungan. Perlakuan aerasi 3,3 jam akan berpengaruh terhadap bioaktivitas dan biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme terutama bakteri aerob. Perlakuan F/M 0,24-0,5 g/BOD/hari/g/MLSS akan berpengaruh terhadap keseimbangan jumlah makanan dan populasi mikroorganisme berdasarkan kebutuhan energi seperti: bakteri heterotrof dan autotrof. Perlakuan waktu tinggal limbah 2-4 hari dan aliran limbah cair sebesar 35% berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen, jumlah zat makanan (bahan organik), waktu tinggal limbah dan akhirnya berpengaruh terhadap jumlah dan komponen unsur.

Menurut Pauwels dan Verstraete (2006) menyatakan bahwa pengaturan kecepatan aliran limbah cair dan waktu tinggal limbah akan mempengaruhi terhadap kualitas, karakteristik, jumlah lumpur (*sludge*) dan kondisi lingkungan seperti:

ketersediaan oksigen, suhu, dan pH. Standar perlakuan aliran limbah cair (*resirculation sludge*) 50-60% dan umur *sludge* standar 6-10 hari dengan jumlah limbah cair > 1500 m³ (BPPT, 1996). Hal ini didukung hasil penelitian Kasmidjo (1991) menunjukkan limbah dengan tingkat BOD > 1900 dengan perlakuan aliran limbah cair (*resirculation sludge*) 50% akan dapat menurunkan nilai BOD sekitar 98-95% dan mempertahankan kandungan BOD terlarut 50 ppm. Perlakuan teknologi yang diberikan pada tahap *treatment* dan *stabilisasi* (Tabel 4.2) bertujuan untuk mempercepat proses, karena jumlah limbah cukup besar dan tingkat pencemaran tinggi. Hasil penelitian Murachman (2005) menunjukkan bahwa pemberian oksigen (DO) sebesar 0,8-4,0 mg/l dapat meningkatkan bioaktivitas mikroorganisme untuk menekan unsur CH₄, H₂S dan CO₂ sekitar 60%-80%.

Komponen unsur yang terdapat pada komposisi limbah cair seperti suhu, pH, DO, sulfida, clorida dan mikroorganisme juga mampu menekan dan menyederhanakan bahan pencemar organik dan anorganik (Kienholz *et al.*, 2000). Suhu meningkat akan mempercepat reaksi enzimatik sehingga meningkatkan bioaktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan pencemar, sedangkan peningkatan pH akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik (BOD, COD) oleh mikroorganisme (Heider dan Rabus, 2008). Sulfida dalam jumlah tertentu akan dapat mengikat molekul menjadi flok dan dapat menurunkan nilai kekeruhan sekitar 35- 60% (Barek *et al.*, 1998). Unsur clorida melalui proses klorinasi akan dapat mengumpulkan (*flokulasi*) komponen unsur dan membunuh bakteri patogen (Kumar *et al.*, 2006).

Kenaikan pH dari stasiun C ke stasiun D, disebabkan terjadi proses amonifikasi yaitu degradasi biokimia nitrogen organik menjadi amonium oleh bakteri. Kenaikan unsur nitrat dari stasiun B, C dan D (Gambar 4.4) menunjukkan adanya proses nitrifikasi yaitu proses oksidasi biologis yang mengkonversi nitrit menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter sp. Mikhelsen (2000) menyatakan bahwa karakteristik limbah cair selain dipengaruhi oleh jenis dan sumber limbah cair juga proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi. Proses tersebut melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, sehingga memerlukan ketersediaan oksigen, zat makanan dan kondisi lingkungan (pH dan suhu). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses oksidasi dan reduksi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan pH 6-8 dan suhu 20 °C- 60 °C dengan jumlah limbah cair > 1500 m³/hari (Sugiharto, 1987). Proses bioasimilasi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan oksigen 2-8 jam/hari pada tahap *treatment* dengan beban BOD 500 mg/l (Kasmidjo, 1991). Proses kecepatan bioaktivitas dan biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan standar perlakuan F/M 0,2-0,5 g/BOD/hari/MLSS (Nugroho, 1996).

Terbukti dengan jumlah limbah cair RSUP Sanglah sekitar 430 m³/hari yang terdiri dari: zat padat 599 mg/l, padatan tersuspensi 100 mg/l, BOD 173 mg/l, MLSS 37,41 mg/l. Melalui rangkaian proses teknologi biodetox mampu menghasilkan bahan baku pupuk sebesar 8,6 kg/hari dengan kadar nitrogen 61% (5,25 kg/hari), kadar fosfor 12% (1,05 kg/hari) dalam bentuk lumpur (*sludge*) dan sudah memenuhi standar baku mutu. Peningkatan padatan tersuspensi dalam cairan (*Effluent*) akan mengakibatkan meningkatnya kandungan dan kadar unsur (Mulveney *et al.*, 2001).

Hasil uji laboratorium terhadap lumpur (*sludge*) diperoleh kandungan unsur hara makro dan mikro yaitu nitrogen 1,97%, fosfor 0,78%, kalium 0,43%, kalsium 0,48%, sulfur 0,33%, magnesium 0,19%, besi 236 ppm, aluminium 211 ppm, mangan 18,8 ppm, molybdenum 2,18 ppm dan positif mengandung asam amino, hormon dan mikroorganisme. Menurut Harker *et al.*, (2000) kebutuhan zat makanan oleh mikroorganisme berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara pada komposisi limbah cair. Yowono (2008) mengatakan bahwa kandungan unsur dan mikroorganisme paling banyak terdapat pada komponen padatan tersuspensi TSS (*total suspended solid*).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Proses teknologi pengolahan limbah cair yang menggunakan teknologi biodetox sudah memenuhi standar operasional dengan konsep pemanfaatan.
2. Limbah cair RSUP Sanglah ditinjau dari aspek kualitas dan karakteristik sudah aman dan berpotensi dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.

5.2 Saran

1. Sebelum memanfaatkan limbah cair harus dilakukan suatu penanganan melalui suatu sistem teknologi pengolahan limbah cair.
2. Penggunaan bahan baku pupuk limbah cair harus memperhatikan Karakteristi limbah cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Gawad, H.A., and Aly, A.M. 2011. Assesment of Aquatic Environmental for Wastewater Management Quality in the Hospitals: a Case Study *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*; 5(7): 474-782, ISSN 1991-8178.
- Alaert, G. dan Sumestri, S. 1987. *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional Surabaya.
- Almuneef, M., Memish, Z.A. 2003. Effective medical waste management: It can be done. *Amerikan Journal of infection Control*; Vol.31, No.3: 188-192.
- Alvin-Ferraz, M.C.M., Afonso, S.A.V. 2003. Incineration of Different Types of Medical Wastes: Emission factors for particulate matter and heavy metals. *Journal Environmental Science & Technology*; Vol.37, No. 14: 3152-3157.
- Askarian, M., Vakili, M., Kabir, G. 2004. Results of a hospital waste survey in private hospitals n Fars province, Iran. *Journal Waste Management*; Vol.24, No.4: 347-352.
- Barek, J., Cvaka, J., Zima, J., Meo, M.D., Laget, M., Michelon, J., Castegnaro, M. 1998. Chemical Degradation of Wastes of Antineoplastic Agents Amsacrine, Azathioprine, Asparaginase and Thiotepa. *Journal the Animals of Occupationa Hygiene*; Vol.42, No.4: 259-266.
- Budi Prasetya, Syahrul Kurniawan, M Febrianingsih, 2009. Application of Liquid Fertilizer on N uptake and Growth of Brassica Juncea L., at Entisols. *Agritek*; Vol., 17 No 5: ISSN 0852-5426.
- Badan Standar Nasional. 2006. *Cara uji mikrobiologi bagian 1: Penentuan Coliform dan Escheria Coli pada Produk Perikanan*. SNI 01-2332.1-2006.
- Britton G., 1994. *Radioactive Emulsion From Coal Tired Station Central Electricity*. Gematery Board.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi (BPPT), 1996. *Sistem Pengelolaan Limbah Cair*. Bandung: Penerbit Persatuan Insinyur Teknik.
- Barnum, S.R. 2005. *Biotechnology An Introduction*. Edition 2. Miami University. ISBN 0-534-49296-7.USA p : 323.
- Champman, D. 1996. *Water Quality Assesment*. London : E & EN Spon.
- Chang, Y. 1995. Centralized Incineration treatment of Infectious Waste for Regional Hospital in Taiwan. *Journal Waste Management & Research*; Vol.13 : 241-257.
- Chitnis, V., Chitnis, S., Patil S., Chitnis, D. 2003. treatment of discarded blood units: Disinfection with Hypochlorite/Formalin versus Steam Sterilization. *Indian Journal of Medical Microbiology*; Vol.21, No.4 : 265-267.

Chitnis, V., Vaidya, K., and Chitnis, D.S. 2005. Biomedical Waste in Laboratory Medicine: Audit and Management. *Indian Journal of Medical Microbiology*, Vol.23, No. 1: 6-13.

¹ Caldwell, B. 2001. How can Organik Vegetable Growers Increase Soil Organik Matter without Overloading the Soil with Nutrients. *Small farmer's Journal*. Vol. 25, No 3 : 223 – 23.

Creswell, Jhon W. 2009. *Research Design; Qualitative, Quantitative and Mixed Methode Approaches*. Los Angeles; Sage.

Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Penerbit Universitas Indonesia.

Duncan, M., Sandy, C. 1994. *Pemanfaatan Limbah cauidan Ekskreta*. Bandung: Penerbit ITB.

Direktorat Jenderal PPM & PLP, Depkes, 1996. *Pedoman Teknis Sanitasi (Penyehatan) Pengelolaan di Rumah Sakit Jakarta*.

Diaz, E. 2008. *Microbial Degradation, Bioremediation and Biotransformation*. ISBN : 978-1-904455-17-2. Disitir tanggal 17 September 2008. 8h.

Efendi, H. 2003. *Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Perairan*. Yogyakarta: PT Kanisius.

Ekhaise, F.O., and Omavwoya, B.P. 2008. *Influence of Hospital Wastewater Discharged from University of Benin Teaching Hospital (UBTH), Benin City on its Receiving Environment*. *American-Eurasian Journal.Agric. & Environ. Sci.*; 4(4): 484-488, ISSN 1818-6159.

Emmanuel, E, Blanchad, J.M., Keck.G., Perrodin,Y. 2001. *Effects of Hospital Wasterwater on aquatic Ecosistem XXVIII*. Congerreso Interamecano de Ingeria Sanitaria Ambiental Cancun. Mexico.

Fairchild, G.I., Barry, D.A.J., Goss, M.J., Hamill, A.S., Lafrance,P., Milburn, P.H., Simard, R.R., Zebarth, B.J. 2000. *Groundwater Quality*. In The Health of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada, Ed. Coote, D.R. and Gregorich, L.J. Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada. Publ. 2020/E.

Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*, Jakarta: PT Raja grafindo Persada.

⁴ Giyatmi. 2003. "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dokter Sarjito Yogyakarta terhadap Pencemaran Radioaktif" (*tesis*). Yoyakarta: *Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada*.

Gegner, L. 2002. *Organic Alternatives to Treated Lumber*. NCAT/ATTRA, Fayetteville, AR.

¹ Hammer, M.J. Jr. 2001 *Water and Wastewater Technology*. Prentice-Hall: New Jersey.

Harker, D.B., Chambers, P.A., Crowe, A.S., Fairchild, G.L., and Kienholz, E. 2000. Understanding Water Quality. In *The health of Our Water Toward Sustainable Agriculture and Agri-Food Canada*. Publ. 2020/E.

Hendricky, C., Lambert, R., Sauvenier, X., and Peeters, A. 2005. Sustainable Nitrogen Management in Agriculture : An Action Programme towards Protecting Water Resources in Alwoon Religon (Belgium). *Paper presented on OECD Workshop on Agriculture and Water*. Sustainability, Markets and Policies: Australia.

Heider J. And Rabus, R. 2008. Genomic Insights in The Anerabic Biodegradation of Organic Pollutans. *Microbial Degradaton*; Genomic and Molecular Biology: Caister Academic Press.

1 Kasmidjo. 1991. *Penanganan Limbah Perkebunan dan Limbah Pangan*. Yogyakarta: Universitas Gajah mada.

Kumar, G.A., Kumar, S., Sabumon P.C. 2006. Preliminary Study of Physico-Chemical treatment Options for Hospital Wastewater. *Journal of Environmental Management*; Vellore Tamil Nadu: India.

Kienholz, E. F. Croteau, G.L. Fairchild, G.K. Guzzwell, D.I. Masse, and T.W. van der Gulik. 2000. Water Use. In *The health of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada*. *Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada*. Publ. 2020/E.

Lovley, D.R. 2003. Cleaning up with Genomic, Applying Molecular Biology to Bioremediation. *Nature Reviews*; Microbiology.

4 Lestari, D.E., Utomo, S.B., Sunarko, Virkyanov. 2008. "Pengaruh Penambahan Biosida Pengoksidasi Terhadap Kandungan Klorin untuk Pengendalian Pertumbuhan Mikroorganisme pada Air Pendingin Sekunder RSG-Gas" (tesis). Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN. Kawasan Puspitek Serpon. Tangerang. Banten.

1 Martin, F.R.J., Bootsma,A., Coote,D.R., Fairley, B.G., Gregorich,L.J., Lebedin,J., Milburn, P.H., Stewart, B.J., and T.W. Van Der Gulik, T.W. 2000. Canada,s Rural Water Recources. In *The healt of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada* Ed. Coote, D.R. and Gregorich, L.J. *Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada*, Publ. 2020/E.

Mesdaghinia A.R., Naddafi, K., Nabizadeh, R. Saeedi R, Zamanzadeh M. 2009. Wastewater Characteristics and Appropriate Method for Wastewater Management in the Hospitals. *Iranian Journal Publ Health*; Vol.38, No.1: 34-40.

Mikkelsen, R. I. 2000. Nutrien Management for Organic Farming Case Study. *Journal of natural Recource Life science Education*; Vol 20: 88-92.

8 Mulvaney, R. I., Khan, S.A., R. G., Hoef, and Brown, H. M. 2001. A Soil Organic Nitrogen Fraction that Reduce the Need for Nitrogen Fertilisastion. *Soil Science Society of amerika journal*; Vol 65: 1164-1172.

Meagler, R.B. 2000. *Phytoeremediation to Toxi* ¹ *Elemental and Organic Pollutants*. *Current Opinion In Plant Biology* 3 (2) : 153-162.

McLeod M.P., and Eltis L.D. 2008. *Genomic Insights Into the Aerobic Pathways for Degradation of Organic Pollutants*, *Microbial Biodegradation: Genomic and Molecular Biology*, Caister Academic Press.

¹ Murachman, B. 2005b. *Teknologi Pengolahan Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif*. Jakarta: PT Cosolindo Persada.

Surabaya. Volume III ISSN 0854-917 tahun ke 5.

Pauwels, B., and Verstraete, W. 2006. The *treatment* of Hospital Wastewater : *an Appraisal Journal of Water and Health*; 04.4.

⁶ Pang X.P. and and letey J 2000. Organik farming : Challenge of timing nitrogen Availability to crop nitrogen requirement. *Soil Society of Amerika Journa*; Vol. 64: P.247-253.

Qadir, M. and Scott, C.A. 2010. Non-Pathogenic Trade Offs of Wastewater Irrigation. In: wastewater Irrigation on Health. Assessing and Mitigating Risks in Low-Income Countries. Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M. and Bahri, A. (Fds). *International Water Management and International Development Research Center*. 2010.

Rao, S., dan Mamatha, P. 2004. Water Quality in Suistanable Water Management. *Current Science*; Vol 87 (7): 942-947.

Sarafraz, S., Khani, H., Yaghmaeian, M.R. 2007. Quality and Quantity Survey of Hospital Wastewater in Hormozgan Provinze. *Iran Journal. Environ. Health. Sci. Eng.*; Vol 4, No. 1: 43-50.

Simmons, R.W., Noble, A.D., Pongsakul, P., Sukreeyapongse, O. and chinabut, N. (2009) "Cadmium -hazard mapping using a general linear regression model (Irr-Cad) for rapid risk assessment". *Environmental Geochemistry and Health*, vol 31, pp71-9.

Schuler, C. J., Pinky, M. Nasir and Vogtman, 1993. Effects of fertilizers on *Mycosphaerella pinodes* (Berk, et blox) Vestergr., causal organism of foot rot on peas (*Pisum sativum* L.), *Journal Biological Agriculture and Horticulture*, 9: 353-360.

Touray. 2008. *Management of Water Quality the Suitanable Future* :The French policy, illustrated by the case study of Renes <http://www.unesco.org/uy/phi/estragtas/art03.html>.

ANALISIS TINGKAT EFISIENSI PENCEMARAN PADA SETIAP TAHAPAN PROSES PERLAKUAN BIOLOGI DALAM PENANGANAN LIMBAH CAIR SECARA KONVENSIONAL

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[issaas.org](https://www.issaas.org)

Internet Source

4%

2

eprints.undip.ac.id

Internet Source

2%

3

www.swlf.ait.ac.th

Internet Source

1%

4

personal.its.ac.id

Internet Source

1%

5

dspace.uii.ac.id

Internet Source

1 %

6

F.M. del Amor. "Growth, photosynthesis and
chlorophyll fluorescence of sweet pepper plants
as affected by the cultivation method",

Annals of Applied Biology, 4/2006

Publication

1 %

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 1%

Exclude bibliography

On